

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-311541

(43) 公開日 平成8年(1996)11月26日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 1 D 8/02		9270-4K	C 2 1 D 8/02	B
C 2 2 C 38/00	3 0 1		C 2 2 C 38/00	3 0 1 A
38/58			38/58	

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願平7-119468	(71) 出願人	000002118 住友金属工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号
(22) 出願日	平成7年(1995)5月18日	(72) 発明者	岡口 秀治 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号住友金属工業株式会社内
		(72) 発明者	有持 和茂 大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号住友金属工業株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 森 道雄 (外1名)

(54) 【発明の名称】 高ヤング率鋼板の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 建築その他の構造物に使用するヤング率を高めた鋼板の製造方法の提供。

【構成】 C : 0.02~0.15%、Mn : 0.4~2.0%、S : 0.80%以下、Al : 0.001~0.06%、Cr : 0.60% *

$$0.15 \leq 5Nb + Mo + 250B + 3Ti + 1.5V \leq 1.2 \quad \dots (2)$$

を満足する、残部は不可避免の不純物およびFeからなる鋼片を熱間圧延して鋼板とする際、950℃からAr₃点の間の累積圧下率を50%以上、Ar₃点未満の累積圧下

*以下、Cu : 1.5%以下、Ni : 3.0%以下、V : 0.10%以下、Ti : 0.10%以下、およびCa : 0.0050%以下で、さらにNb : 0.005~0.10%、Mo : 0.05~0.80%またはB : 0.0003~0.0030%の2種以上を含有し、かつ

率を5%以下とすることを特徴とする高ヤング率鋼板の製造方法。

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】重量割合にて、C：0.02～0.15%、Mn：0.4～2.0%、Si：0.80%以下、Al：0.001～0.06%、Cr：0.60%以下、Cu：1.5%以下、Ni：3.0*

$$0.15 \leq 5Nb + Mo + 250B + 3Ti + 1.5V \leq 1.2 \quad \dots (1)$$

を満足する残部は不可避的不純物およびFeからなる鋼片を、熱間圧延して鋼板とする際、950℃からAr₃点の間の累積圧下率を50%以上、Ar₃点未満の累積圧下率を5%以下とすることを特徴とする高ヤング率鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は建築およびその他の鋼構造物、または溶接鋼管等に使用するヤング率の高い鋼板の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】鉄鋼を用いた構造物や部品において応力が加わった場合、変形の始まるまでの強度すなわち降伏強度や、破壊に至るまでの強度すなわち引張り強度あるいは破断強度が必要であるが、剛性が重要な場合も多い。鋼材の降伏強度や引張り強度は、合金成分、製造方法、熱処理等によって向上させることが可能であるのに対し、この鋼材の剛性の指標であるヤング率は、通常、その成分や製造方法、あるいは熱履歴によってほとんど変化せず、21000～21500kgf/mm²程度のほぼ一定値を示す。したがって、剛性がどうしても必要な構造物や部品の場合は、その応力の加わる方向に対する垂直断面の面積を小さくすることができない。例えば同じ外径の鋼管で作った梁を考えると、そのたわみを小さくするには、鋼の強度を高くしても効果がなく、肉厚を厚くせざるを得ないのである。しかし、もし鋼材のヤング率を高めることができれば、使用鋼材のより一層の削減や軽量化が可能になってくる。

【0003】多くの金属において、その単結晶でヤング率を調べると〈111〉結晶軸方向が最高で、〈100〉結晶軸方向が最低の値を示す。鉄の場合も〈111〉軸方向が29000 kgf/mm²で最高値を示し、〈100〉結晶軸方向が最小の13500 kgf/mm²である。

【0004】鋼材は通常微細な金属結晶からできており、その上、一般の製造方法ではその各結晶の方向がランダム化しているため、鋼材全体としてはほぼ一定の平均化されたヤング率を示す。このような結晶方位から板面内のヤング率の向上を考えると、鋼板を構成する各結晶の〈111〉軸が、板面と平行であるような優先方位をもつ集合組織にすることができれば、ヤング率の高い鋼板になる可能性がある。

【0005】しかしながら、フラットロールを用いて圧延する通常の鋼板の熱間や冷間の圧延方法においては、〈111〉軸が板面と平行となる集合組織を形成させることは容易でなく、唯一の可能性のある優先方位としては

2

*%以下、V：0.10%以下、Ti：0.10%以下、およびCa：0.0050%以下で、さらにNb：0.005～0.10%、Mo：0.05～0.80%およびB：0.0003～0.0030%のうちの2種以上を含有し、かつ

- 112〈110〉方位がある。この方位を発達させることができれば、圧延方向に垂直である幅方向に対して〈111〉軸が平行に向いた結晶粒が多くなり、幅方向だけでもヤング率が向上できると考えられる。
- 10 【0006】このような特定方向だけでもヤング率の高い鋼板を得る製造方法に関し、いくつかの発明が提示されている。例えば、特公昭58-14849号公報には、C：0.20%以下、Si：0.01～1.0%以下、Mn：0.3～2.0%、Al：0.001～0.20%の鋼にて、熱間圧延の際Ar₃点以下のフェライト+オーステナイト2相温度域で5%以上の圧延を行い、圧延後15℃/s以下の冷却を行った後、700℃以下の温度域で焼戻す方法が提示されており、また、特開昭57-2837号公報には、Ar₃点が780℃以下の鋼に対し、780℃以下Ar₃点以上で5%以上、Ar₃点以下5%未満の熱間圧延と、冷却後の2%以上の冷間圧延とを組み合わせる方法の発明が示されている。熱間圧延工程にて冷間圧延相当のフェライト相温度域の圧延をおこなう方法として、特公昭62-4448号公報には、Ar₃点温度以下600℃以上の温度範囲での累積圧下率を10～60%とし、450～720℃で巻取の方法の発明が提示されている。

【0007】これらの発明は、いずれもフェライト相の圧延加工により圧延直角方向のヤング率を高めるもので、フェライト域圧延での集合組織の優先方位を形成させることによっている。しかし、通常のフェライト域の圧延である冷間圧延をおこなうと硬化してしまうので焼鈍が必要となり、その軟化の際の再結晶や粒成長によりヤング率向上に好ましい集合組織が消失することが多い。また、熱間圧延工程でフェライト域圧延をおこなうには、変形抵抗が増大するため潤滑熱延など製造上特別の処置を必要とする。これに対し、特開平5-247530号公報に提示された発明は、C：0.05%以下、Mn：0.5%以上で、Nbを0.01～0.07%含む鋼にて、熱延の加熱温度を1100℃以上、仕上げ圧延開始温度を950℃以下とし、仕上げ圧延終了温度を(Ar₃+100～Ar₃-50)℃として巻取の方法で、変形抵抗の大きくならない高温で圧延を完了できるとしている。

【0008】以上のようにこれまでの発明は、いずれもホットストリップミルによる薄い鋼板を製造する方法であり、熱間圧延とはいえAr₃点以下の低温域での強加工、またはAr₃点以下の低温域での加工に冷間加工を加えたものであるため、大型構造物材への適用は難しく、また圧延条件を緩和すればヤング率の向上が期待できない。

50 【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、特に大型構造物や溶接鋼管などに用いられる、厚鋼板や熱延鋼板のヤング率を高くすることを目的とし、 A_{r_s} 点以下の低温域圧延や冷間圧延をほとんど施すことなく高ヤング率鋼板を製造する方法に関する。

【0010】

【課題を解決するための手段】フェライト+オーステナイト二相域またはフェライト単相域での圧延は、確かに圧延直角方向ヤング率が向上するが、板厚が厚くなると低温域での十分な圧延加工は極めて難しくなる。そこで本発明者らは鋼板のヤング率におよぼす鋼材成分や圧延条件の影響に関し、比較的厚い鋼板を対象に、特に低温域での圧延をできるだけ避けた製造方法の実現の可能性を種々検討した。

【0011】その結果、Nb、BおよびMoなどがヤング率向上に効果のあることがわかった。そして、これらの元素は単独で添加した場合、 A_{r_s} 点近傍ないしはそれ以下の温度域で強加工すればヤング率が向上する効果はあるが、 A_{r_s} 点よりも高い温度域では加工度を大きくしてもその効果が低下してきた。ところが、含有量を十分にとり、さらにNb、MoおよびBの2種以上を複

$$0.15 \leq 5Nb + Mo + 250B +$$

を満足する残部は不可避免的な不純物およびFeからなる鋼片を、熱間圧延して鋼板とする際、950℃から A_{r_s} 点の間の累積圧下率を50%以上、 A_{r_s} 点未満の累積圧下率を5%以下とすることを特徴とする高ヤング率鋼板の製造方法である。

【0015】このようにして得られた鋼板は、切断、変形加工、溶接等により目的とする構造物に適用されるが、鋼管や角管あるいは軽量形鋼など溶接して鋼製品とする素材に使用すれば、製品の剛性を向上させることができる。とくに鋼管の場合、曲げ応力が主な構造用には元の板の方向と鋼管の軸方向とは関係なく曲げ剛性を高めることができるが、軸方向に応力の加わる用途には板の幅方向が鋼管の軸方向となるようにすればよい。

【0016】

【作用】各成分および製造条件の限定理由は次のとおりである。

【0017】(1) C

Cは鋼板及び鋼管の強度を確保する目的で所要量含有させるが、0.02%未満では構造物として必要とする強度を確保することが難しく、一方、0.15%を超える含有は、高いヤング率が得難くなるだけでなく、母材及び溶接部の剛性が低下してくる。したがって、C含有量は0.02~0.15%とするが、安定して高ヤング率を得るにはC量は0.06%以下が望ましい。

【0018】(2) Si

*になった。

【0012】これらの、圧延方向に直角方向のヤング率が向上した鋼板の集合組織を調べると、112〈110〉優先方位が発達しており、〈111〉軸が鋼板の圧延直角方向に向いた結晶粒が多く生じていることがわかった。これはNb、MoおよびBの複合添加によって、 A_{r_s} 点以上のオーステナイト域での圧延集合組織、あるいはその後の変態集合組織が変化したためと考えられた。

【0013】これら元素の、十分な含有量および複合添加の効果の例を後出の実施例の図1に示すが、Nbのみでしかも含有量が不十分な場合に比し、MoやBをNbとともに十分に添加した場合は、圧延仕上げ温度を A_{r_s} 点より上の温度とした方がヤング率がすぐれていることがわかる。このような知見から、さらに成分量や圧延条件の限界、あるいは他の元素添加の効果などを確認の上、本製造方法の発明に至ったのである。

【0014】本発明の要旨とするところは、重量割合にて、C:0.02~0.15%、Mn:0.4~2.0%、Si:0.80%以下、Al:0.001~0.06%、Cu:1.5%以下、Ni:3.0%以下、Cr:0.60%以下、V:0.10%以下、Ti:0.10%以下、およびCa:0.0050%以下で、さらにNb:0.005~0.10%、Mo:0.05~0.80%およびB:0.0003~0.0030%の2種以上を含有し、かつ

$$3Ti + 1.5V \leq 1.2 \quad \dots (2)$$

Siは脱酸および強度上昇のために添加する。ただし、Alを十分添加し脱酸される場合はなくてもよい。また、多すぎると溶接する場合の溶接部剛性を劣化させるので添加する場合の含有量は0.80%以下とする。

【0019】(3) Mn

MnはSによる熱間脆性防止と強度確保のために含有させる成分であり、その添加量は他の強度向上成分とバランスをとりつつ制御する。また、本発明では後述のように950℃から A_{r_s} 点の間の累積圧下率を50%以上とするが、Mnの含有量を増すと A_{r_s} 点が低下するので、この間の温度域を拡げるのにも有効である。0.4%未満の含有量ではこれらの効果が十分現われず、また2.0%を超えて含有させると母材、接合部共に剛性低下を招くので、Mnの含有量は0.8~2.0%とする。

【0020】(4) Al

Alは健全な鋳片を得るための十分な脱酸に必須の元素である。その含有量が0.001%未満では脱酸不十分となり、0.08%を超えて含有させると、溶接の際、接合部の剛性を劣化させるので好ましくない。したがってその含有量は0.001~0.08%に規制する。

【0021】(5) Nb、MoおよびB、必要に応じてさらにTiおよびV

これらの元素はいずれも母材の強度を向上させるだけでなく、本発明の目的であるヤング率の向上を実現させる上で重要な元素である。

【0022】特にNb、MoおよびBの3元素は、その

5

中の2種以上を必ず添加する必要がある。これらの元素の添加効果が発揮される含有量範囲はそれぞれ異っており、Nbは0.005~0.10%、Moは0.05~0.80%、そしてBは0.0003~0.0030%、である。各元素のこれらの規制含有量範囲未満では添加の効果がなく、一方それらの範囲を超えると効果が飽和してしまうばかりでなく、靱性低下などの弊害が現われる。

【0023】TiおよびVも、鋼の強度を上昇させる効果があり、CやNなどとの結合による析出硬化作用であるとされている。したがって、強度が不要の場合は添加しなくてもよいが、鋼の強度に応じ必要があれば添加する。さらに、これらの元素はNb、MoおよびBの複合添加のヤング率向上効果を補う作用がある。

$$0.15 \leq 5Nb + Mo + 250B +$$

この式で規制される範囲未満の含有量では添加の効果が不十分であり、この範囲を超えると効果が飽和してしまうばかりでなく、靱性低下などの弊害が現われる。

【0027】(6) Cu、NiおよびCr

これらの元素は、強度を要しない場合には添加しなくてもよいが、適正量を添加することによって強度と靱性のバランスのすぐれた鋼材を製造することが可能となる。ただし添加する場合の含有量は、それぞれCuで1.50%以下、Crで0.60%以下、Niで3.00%以下とすべきで、これらの値を超えると鋼の強度を過度に高めたり靱性を損なう結果となる。

【0028】(7) Ca

Caは添加しなくてもよいが、少量含有させると鋼中の酸化物・硫化物系介在物の形態を変え、母材の靱性や耐食性が改善されるので、必要により添加する。

【0029】この目的を達するためには、0.0002%以上含有させなければならない。

【0030】添加する場合の望ましい含有量は0.0002%以上であるが、過剰に添加すると清浄度の低下を招いて粗大な介在物が多量に形成され、強靱性のみならず、耐食性も大きく劣化するので、多くても0.0050%以下とする。

【0031】(8) P、SおよびN

これらの元素はいずれも鋼の不可避の不純物であり、母材や溶接部の靱性を劣化させるので少なければ少ないほどよい。鋼の特性に対し目立った悪影響をおよぼさない範囲として望ましいのは、Pは0.03%以下、Sは0.02%以下、そしてNは0.01%以下である。

【0032】(9) 熱間圧延条件

950℃からAr₁点までの温度域における累積圧下率は、上記に規制した化学組成を有する鋼の鋼板製品のヤング率向上に極めて重要であり、この温度域において、50%以上必要である。特に850℃からAr₁点までの温度域にて十分に加工を加えることができれば、さらに効果的である。この累積圧下率の上限は温度降下と変形抵抗の増加から限度はあるが、特に規制はしない。しか

6

*【0024】TiおよびVの、添加の効果を発揮させるために望ましい含有量は、それぞれTiの場合0.005%以上、Vの場合0.01%以上である。しかし、どちらの元素も0.10%を超えて含有させると鋼板やその溶接部の靱性が劣化してくるので、添加する場合はいずれも0.10%までの含有量とする。

【0025】以上のヤング率向上に有効な5元素のそれぞれの含有量範囲は、上記のとおりであり、複合含有させ後述の圧延条件にて熱間圧延することによって、圧延と直角の方向のヤング率を飛躍的に向上させることができる。ただし、各元素の合計の含有量は次の(1)式の範囲内になければならない。

【0026】

$$3Ti + 1.5V \leq 1.2 \quad \dots (1)$$

し、累積圧下率が50%未満の場合は、十分に高いヤング率を得ることができない。

【0033】950℃を超える圧延温度で、50%以上の累積圧下をおこなってもヤング率の向上が得られないのは、高温では圧延ロールから離れた直後から始まる加工歪みの解放および再結晶が速やかに進行してしまい、圧延加工組織の累積効果がなくなるためと考えられる。圧延前の鋼片の加熱温度は、950℃からAr₁点までの温度域における累積圧下率が50%以上確保される条件が達成できるなら、特に規制しない。

【0034】本発明で定める化学組成の鋼においては、Ar₁点未満の二相域またはフェライト単相域の圧延加工はヤング率の向上に効果がないので、この温度域での圧延はおこなう必要はない。この温度域の圧延は、変形抵抗が増し圧延荷重が大きくなることや、ヤング率の低下をきたすことがあるので、圧延の過程でこの温度域にかかったとしても、その加工度は多くても5%までとする。

【0035】圧延後の冷却については特に限定しないが、ヤング率を少しでも高める意味では、望ましいのは圧延後空冷または徐冷するよりも、板厚中心部の冷却速度にて15℃/s以上の加速冷却をすることである。また、圧延冷却後に後熱処理をすれば650℃以下、できれば300~500℃間が望ましい。

【0036】

【実施例】

【実施例1】表1に化学組成を示す鋼番号A、BおよびOのスラブを用い、950℃以下の温度範囲における累計圧下率を75%とし、仕上げ温度を変え特に仕上げ温度に近い温度域での圧下率を大きくして圧延し、10mm厚に仕上げた。圧延後の鋼板は直ちに約20℃/sの冷却速度で強制冷却した。この場合、Ar₁点は圧延の変形抵抗から推定していずれの鋼も約760℃であった。得られた鋼板により幅10mm、長さ60mmの試験片を切出し、横振動法により常温でのヤング率を測定した。

【0037】

【表1】

表 1

鋼 番 号	化 学 組 成 (%) (残 部 : F e お よ び 不 可 避 的 な 不 純 物)														※ 有 効 成 分	摘 要
	C	S i	M n	A l	N b	M o	B	C u	N i	C r	V	T i	C a			
A	0.08	0.23	1.61	0.015	0.031	0.25	-	-	-	-	-	-	-	0.405	本 発 明 範 囲	
B	0.08	0.22	1.60	0.020	0.032	0.15	0.0012	-	-	-	-	-	-	0.610		
C	0.06	0.25	1.51	0.025	0.035	0.15	-	-	-	-	-	-	-	0.325		
D	0.08	0.33	1.35	0.031	0.045	-	0.0008	-	-	-	-	-	-	0.425		
E	0.10	0.20	1.42	0.008	-	0.10	0.0010	-	-	-	-	-	-	0.350		
F	0.03	0.02	1.72	0.023	0.025	0.30	0.0007	-	-	-	-	0.012	-	0.636		
G	0.07	0.31	1.51	0.034	0.030	-	0.0010	-	-	-	0.05	-	-	0.475		
H	0.06	0.22	1.53	0.022	-	0.15	0.0012	-	-	0.20	-	0.010	-	0.480		
I	0.05	0.30	1.22	0.015	0.010	0.20	-	0.21	0.32	-	-	0.011	-	0.280		
J	0.08	0.42	1.50	0.031	0.021	-	0.0008	-	-	-	0.03	-	0.0015	0.345		
K	0.08	0.21	0.92	0.045	0.015	0.15	0.0009	-	-	0.23	0.04	0.020	-	0.570		
L	0.13	0.25	0.52	0.041	0.018	0.24	-	-	-	-	-	0.031	-	0.377		
O	0.08	0.20	1.63	0.025	0.022	* -	* -	-	-	-	-	-	-	* 0.110	比 較 例	
P	0.06	0.31	1.41	0.031	0.035	* -	* -	-	-	0.31	-	-	-	0.175		
Q	0.10	0.21	1.45	0.032	* -	0.20	-	-	-	-	-	-	-	0.200		
R	0.06	0.32	1.42	0.028	* -	* -	0.0010	-	-	-	-	0.011	0.0021	0.280		
S	0.08	0.22	1.33	0.024	0.010	0.08	-	-	-	-	-	-	-	* 0.130		
T	0.06	0.20	1.20	0.015	0.031	0.80	0.0015	-	-	0.10	0.05	0.020	-	* 1.465		

注) *: 本発明の範囲外であることを示す。

※: 有効成分 (%) = $5Nb + Mo + 250B + 3Ti + 1.5V$

【0038】仕上げ温度に対する鋼板の圧延直角方向のヤング率の変化を図1に示す。鋼番号A (0.03Nb-0.25Mo) およびB (0.03Nb-0.25Mo) は、式(2)で示されるヤング率向上に有効な成分およびその量が本発明で定める範囲に入っている鋼であり、鋼番号O (0.02Nb) は有効成分がNbだけで、しかもその量は不十分なものである。

【0039】0.02Nbの鋼Oは約760℃のAr₃点を下回る温度の圧延にてヤング率が向上している。これに対し、鋼Aおよび鋼BはAr₃点よりも高い温度で仕上げ

る方がより高いヤング率を示し、800℃前後の温度にて最高値を示すことがわかる。

【0040】〔実施例2〕表1に化学組成を示す鋼番号C～LおよびP～Tの鋼スラブを用い、表2に示す条件で熱間圧延を施し、厚さ10mmの鋼板を製造した。得られた鋼板について、実施例1と同じ方法で圧延直角方向のヤング率を測定した。結果を併せて表2に示す。

【0041】

【表2】

表 2

試作 番号	鋼 号	熱 間 圧 延 条 件				鋼 板 性 能		摘 要
		加熱 温度 (℃)	圧下率 (%)		※ 圧延後の 冷却条件	引張 強さ (kgf/mm ²)	圧延直角方 向ヤング率 (kgf/mm ²)	
			950℃- Ar ₃ 点	Ar ₃ 点 未満				
1	C	1200	60	0	空 冷	64.2	24150	本 発 明 例
2	C	1100	60	0	空 冷	59.6	24250	
3	C	1150	60	0	空 冷	62.1	24180	
4	C	1150	80	0	空 冷	62.3	24450	
5	D	1150	71	4	空 冷	59.6	24200	
6	E	1150	75	0	空 冷	66.2	24050	
7	F	1150	82	3	加速冷却	68.4	25250	
8	G	1150	75	0	空 冷	70.2	24080	
9	H	1100	75	0	加速冷却	56.3	24110	
10	I	1100	90	0	空 冷	63.2	24010	
11	I	1100	75	3	空 冷	64.2	24100	
12	I	1100	70	0	加速冷却	68.5	24310	
13	J	1100	60	0	空 冷	64.2	24020	
14	K	1050	75	0	空 冷	65.3	24300	
15	L	1050	75	0	空 冷	52.4	24150	
16	C	1150	* 30	0	空 冷	60.3	22320	比 較 例
17	C	1150	65	* 20	空 冷	62.1	22850	
18	C	1100	* 40	* 10	空 冷	63.1	22570	
19	*P	1100	75	0	空 冷	62.1	21850	
20	*Q	1100	75	0	空 冷	64.5	21640	
21	*R	1100	70	4	空 冷	62.8	21200	
22	*S	1100	70	3	加速冷却	57.2	21500	
23	*T	1050	75	0	空 冷	72.5	21080	

注) *: 本発明の範囲外であることを示す。

※: 空冷 --- 圧延後放冷。

加速冷却 - 圧延後約 20℃/s の冷却速度で強制冷却後、約 500℃より放冷。

【0042】試作番号16~18は成分が本発明で定める範囲に入る試作番号 1~4と同じ鋼によるものであるが、950℃~Ar₃点の温度域での圧下率が不十分であったり、Ar₃点未満の温度域における圧下率が大きすぎたため、ヤング率は十分向上していない。また、試作番号19~23は圧延条件は本発明で定める範囲に入っているが、鋼組成としては本発明外である。

【0043】このように、本発明で定める成分および圧延条件で製造された試作番号 1~15の圧延直角方向のヤング率は、通常の方法で製造された場合に比較して15%以上向上していることがわかる。

【0044】

【発明の効果】本発明の製造方法によれば、Ar₃点以下での低温度域での強加工を行うことなく鋼板圧延直角方向のヤング率を大きく向上することができる。したがって本発明の方法を利用することにより、高いヤング率を有する厚鋼板または熱延鋼板を効率的に生産することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】熱間圧延の圧延仕上り温度と、得られた鋼板の圧延直角方向のヤング率との関係を示す図である。

【図1】

